

LAPORAN TUGAS AKHIR
PEMBUATAN BIOETANOL DARI SARI KULIT NANAS



Disusun Oleh :

Ahmad Tabah I8306036

Antonius P.U I8306040

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2010

UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA

Nama /NIM : Ahmad Tabah 18306036
Antonius Priyo Utomo 18306040

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Bioetanol Dari Sari Kulit Nanas

Tanggal Ujian Tugas Akhir : 24 Juni 2010



Surakarta, 12 Juli 2010

Dosen Pembimbing

Ari D. Susanti

Ari Diana Susanti., S.T., M.T.
NIP19750123 200812 2 002

Penguji I

Dwi Ardiana S. 6/7 '10

Dwi Ardiana S., ST., MT
NIP.19730131 199802 2 001

Penguji II

Ir. Endah Retno Dyartanti. 13/07 '10

Ir. Endah Retno Dyartanti., MT.
NIP. 19690719 200003 2 001

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir “Pembuatan Bioetanol dari Sari Kulit Nanas”. Laporan ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Diploma III Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret.

Laporan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan studi pustaka dan hasil percobaan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam menyusun laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga laporan ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dwi Ardiana S.T., M.T selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta
2. Ibu Ari Diana Susanti S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Laporan Tugas Akhir
3. Teman-teman DIII Teknik Kimia 2006 dan 2007 yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini

Penulis menyadari adanya keterbatasan dalam penyusunan laporan ini. Besar harapan penulis akan adanya saran dan kritik yang membangun guna kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukan.

Surakarta, Juli 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar	xi
Intisari	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan.....	2
D. Manfaat.....	2
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka.....	3
B. Kerangka Pemikiran.....	9
C. Pelaksanaan Penelitian.....	10
BAB III METODOLOGI	
A. Alat dan Bahan.....	11
B. Gambar Rangkaian Alat.....	12
C. Cara Kerja.....	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Variasi Waktu Fermentasi.....	18
B. Variasi Berat Yeast	19
C. Kondisi Optimum untuk Investigasi Pemurnian Hasil Fermentasi	20
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	23
B. Saran.....	23
Daftar Pustaka	24
Lampiran	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kerangka Pemikiran.....	9
Gambar 2.2. Pelaksanaan Penelitian.....	10
Gambar 3.1. Rangkaian alat fermentasi.....	25
Gambar 3.2. Rangkaian alat destilasi.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi limbah kulit nanas.....	3
Tabel 4.1	Hasil percobaan pada variasi waktu fermentasi.....	18
Table 4.2	Hasil percobaan pada variasi berat Yeast.....	19
Tabel 4.3	Hasil pemurnian destilat hasil fermentasi.....	20

ABSTRACT

Ahmad Tabah, Antonius Priyo Utomo, 2010. "The Making of Bioethanol out of Pinaple Skin Juice".

Diploma III Chemical Engineering, Engineering Faculty, Sebelas Maret University.

Pineapple skin is an agricultural waste which has a high sugar content, ranging from 8.7% to 17.53%. High sugar content in the skin of pineapple is possible to be used as raw material for making bioethanol through fermentation process. Based on preliminary research shows that only 76.36% of the weight of fresh pineapple can be used / consumed, while the rest is discarded as waste.

This bioethanol production process through several stages. Extraction process is done by destroying the skin of pineapple that have been added aquadest with a weight ratio of pineapple skin: aquadest= 1:2, continue the screening process. And then analyzed glucose levels. An anaerobic fermentation process took place at pH 4-5 using yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), which will decompose glucose into ethanol. That the optimal growth and propagation yeast, added weight of four grams of urea as a nutrient into the media. To separate the ethanol that is formed, distillation process is carried out at temperatures 90-95 °C for approximately three hours until the distillate no longer dripping. In this study the variation of weight ratio yeast used and duration of fermentation. From the results of the study, from 400 grams pineapple skin can be produce to ethanol with a concentration 15.45% (w/w), yield 9.39%, amounting to 52.56% conversion of glucose, and fermentation time for three days.

It can be formulated to make bioethanol from the skin of pineapple juice required comparison as follows: weight of aquadest and the skin of pineapple = 2:1, 3 day fermentation period, the ratio of the number of yeast: pineapple skin = 1:50 and the weight of urea: pineapple skin = 1:100

INTISARI

Ahmad Tabah, Antonius Priyo U, 2010, “ Pembuatan Bioetanol dari Sari Kulit Nanas ”.

Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Kulit nanas merupakan limbah pertanian yang memiliki kandungan gula yang cukup tinggi, berkisar antara 8,7% sampai 17,53%. Kandungan gula yang cukup tinggi pada kulit nanas tersebut memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi. Berdasarkan penelitian pendahuluan menunjukkan hanya 76,36% dari berat nanas segar dapat dimanfaatkan/dikonsumsi, sedangkan sisanya dibuang sebagai limbah.

Proses pembuatan bioetanol ini melalui beberapa tahap. Proses ekstraksi dilakukan dengan menghancurkan kulit nanas yang telah ditambah aquadest dengan perbandingan berat kulit nanas: aquadest = 1:2 kemudian dilakukan proses penyaringan. Sari kulit nanas yang dihasilkan kemudian dianalisa kadar glukosanya. Proses fermentasi berlangsung secara *anaerob* pada pH 4-5 dengan menggunakan *yeast (Saccharomyces cerevisiae)* sebagai mikroorganisme yang akan menguraikan glukosa menjadi etanol. Agar pertumbuhan dan perkembangbiakan *yeast* optimal, maka ditambahkan urea seberat 4 gram sebagai *nutrient* kedalam media. Untuk memisahkan etanol yang terbentuk, dilakukan proses distilasi pada suhu 90-95⁰C selama kurang lebih 3 jam hingga destilat tidak menetes lagi. Dalam penelitian ini dilakukan variasi perbandingan berat yeast yang digunakan dan lamanya waktu fermentasi. Dari hasil penelitian, seberat 400 gram kulit nanas menghasilkan etanol dengan kadar 15,45 % (b/b), yield 9,39 %, konversi glukosa sebesar 52,56% dengan waktu fermentasi selama 3 hari.

Dapat dirumuskan untuk membuat bioetanol dari sari kulit nanas diperlukan perbandingan sebagai berikut: berat aquadest dan kulit nanas = 2:1, waktu fermentasi 3 hari, perbandingan jumlah yeast : kulit nanas = 1:50 dan berat urea: kulit nanas = 1:100.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkiraan tentang penurunan minyak bumi pada masa yang akan datang, mendorong penelitian dan pengembangan sumber energi alternatif. Salah satu contoh energi alternatif adalah bahan bakar nabati (*biofuel*) yang diperoleh dari bahan-bahan nabati atau dihasilkan dari bahan-bahan organik.

Etanol merupakan *biofuel*, dan mempunyai prospek baik sebagai pengganti bahan bakar cair dan gasohol dengan bahan baku yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan serta sangat menguntungkan secara ekonomi mikro terhadap komunitas pedesaan terutama petani. Buah nanas (*Ananas comosus L. Merr*) merupakan salah satu jenis buah yang banyak terdapat di Indonesia dan mempunyai penyebaran yang merata. Selain dikonsumsi sebagai buah segar, nanas juga banyak digunakan sebagai bahan baku industri minuman dan makanan. Dari konsumsi buah nanas akan didapatkan kulit yang cukup banyak sebagai limbah, dan potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol .

Menurut Hasnely dan Dewi (1997), kandungan gula reduksi pada filtrat kulit nanas sebesar 11,40 %. Kandungan gula yang cukup tinggi pada kulit nanas tersebut memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi.

Menurut keputusan menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008 : “Bioetanol (E100) adalah produk etanol yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomasa lainnya yang diproses secara bioteknologi dan wajib memenuhi standar mutu (spesifikasi) sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan jika ingin digunakan sebagai bahan bakar alternatif ”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara pemanfaatan kulit nanas untuk menghasilkan bioetanol melalui proses fermentasi dengan menggunakan yeast/ragi *Sacharomyces cereviceae* ?
2. Berapa kadar bioetanol yang dihasilkan pada fermentasi kulit nanas dengan menggunakan yeast/ragi *Sacharomyces cereviceae* ?

C. Tujuan

Membuat bioetanol dari sari kulit nanas melalui proses fermentasi

D. Manfaat

1. Bagi mahasiswa, bisa melakukan proses membuat bioetanol dari kulit nanas melalui fermentasi.
2. Bagi masyarakat, bisa mengetahui bahwa kulit nanas dapat digunakan untuk membuat bioetanol.
3. Bagi Institusi, menambah data tentang pembuatan bioetanol dari limbah pertanian.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Nanas (*Ananas Comocus L. Mer*)

Bagian utama yang bernilai ekonomis dari nanas adalah buahnya. Buah nanas selain dikonsumsi segar juga diolah menjadi berbagai macam makanan dan minuman, seperti selai, buah dalam sirup dan lain-lain. Selain buahnya, bagian lain nanas dapat dimanfaatkan seperti kulit buah. Kulit buah nanas dapat dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak yang disebut silase.

Selama periode 2000 – 2005 produksi nanas Indonesia rata-rata sebesar 6.145.382 ton (www.agribisnis.deptan.go.id). Dengan semakin meningkatnya produksi nanas, maka limbah yang dihasilkan akan semakin meningkat pula. Di bawah ini merupakan tabel analisis proksimat limbah kulit nanas :

Tabel II. 1. Analisis proksimat kulit nanas berdasarkan berat basah

Komponen	Rata-rata berat basah (%)
Air	86,70 %
Serat basah	1,66 %
Karbohidrat	10,54 %
Protein	0,69 %
Lemak	0,02 %
Abu	0,48 %

Sumber : Sidartha (1989)

Menurut analisa diatas komponen terbesar dalam kulit nanas adalah air (86,7%) dan karbohidrat (10,54%). Karbohidrat terbagi menjadi tiga yaitu : monosakarida (glukosa dan fruktosa), disakarida (sukrosa, maltosa dan laktosa) dan polisakarida (amilum, glikogen dan selulosa). Menurut

Hasnely dan Dewi (1997) kandungan gula reduksi pada filtrat kulit nanas sebesar 11,40 %. Mengingat kandungan gula yang cukup tinggi tersebut maka kulit nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi.

2. Etanol

Etanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai derivat senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus C_2H_5OH .

a. Sifat-sifat fisis etanol

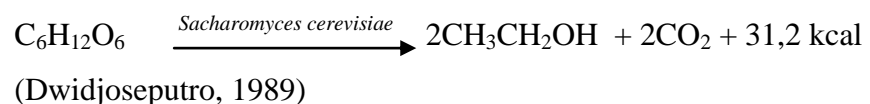
- Berat molekul : 46,07 gram / mol
- Warna : Tidak Berwarna
- Bentuk : Cair
- Titik didih normal : $78,4^{\circ}C$
- Titik beku : $-112,^{\circ}C$
- Spesific Gravity : 0,7893
- Kelarutan dalam 100 bagian

Air : Tak terhingga

Reagen lain : Tak terhingga (Pery, 1984)

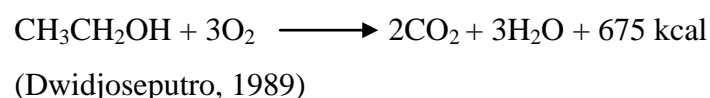
b. Sifat-sifat kimia etanol

- Diperoleh dari fermentasi gula oleh ragi misalnya *Sacharomyces cereviceae*

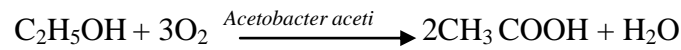


- Pembakaran etanol menghasilkan CO_2 dan H_2O

Pembakaran Etanol



- Etanol yang berasal dari fermentasi ragi, dengan adanya oksigen akan mengalami fermentasi lebih lanjut oleh bakteri misalnya *Acetobacter aceti* menghasilkan Asam Asetat



(Winarno, 1980)

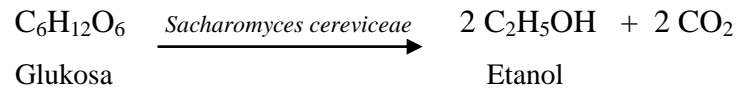
Kegunaan etanol antara lain sebagai berikut :

- a. Campuran dalam minuman
- b. Farmasi : sebagai pelarut untuk membuat esen, ekstrak dan sebagainya.
- c. Untuk sintesis : misalnya eter, yodoform, kloroform dan sebagainya.
- d. Larutan 70% dipakai sebagai anti septik.
- e. Dipakai sebagai pegawet contoh-contoh biologik. (Riawan, 1990)
- f. Campuran 85% bensin dengan 15% etanol memiliki angka oktan yang lebih tinggi, hal ini berarti mesin dapat terbakar lebih panas dan lebih efisien. Karena etanol sangat korosif terhadap sistem pembakaran, meliputi selang, gasket karet, aluminum, dan ruang pembakaran maka untuk campuran etanol konsentrasi tinggi (100%), mesin perlu dimodifikasi dengan bahan *stainless steel* yang lebih mahal.
(www.id.wikipedia.org)

3. Fermentasi Alkohol

Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai. Terjadinya fermentasi ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai akibat dari pemecahan kandungan-kandungan bahan tersebut. Sebagai contoh misalnya buah atau sari buah dapat menghasilkan rasa dan bau alkohol, ketela pohon dan ketan dapat berbau alkohol atau asam, susu menjadi asam dan lain-lainnya. (Winarno, 1980)

Fermentasi glukosa oleh yeast, misalnya *Sacharomyces cereviceae* dapat menghasilkan etil alkohol (etanol) dan CO₂ melalui reaksi sebagai berikut:



Reaksi ini merupakan dasar dari pembuatan tape, brem, anggur minuman dan lain-lain. (Fessenden and Fessenden, 1982)

Bahan baku yang digunakan untuk fermentasi pembuatan bioetanol dapat diperoleh dari tanaman yang menghasilkan gula dan tepung. Pada tahap persiapan, bahan baku yang berupa tepung harus dikonversi terlebih dahulu menjadi gula, sedangkan bahan baku yang berupa larutan gula dapat langsung difermentasi. (Armansyah, dkk 2007)

Ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan ragi anggur (*Saccharomyces ellipsoideus*) akan tumbuh baik pada keadaan *aerob*, tetapi keduanya akan melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat pada keadaan *anaerob*. (Winarno, 1980)

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*). (Harahap, 2003)

a. Nutrisi (zat gizi)

Dalam kegiatannya ragi memerlukan penambahan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan, misalnya :

- Unsur C : Ada pada karbohidrat
- Unsur N : Dengan penambahan pupuk yang mengandung nitrogen, ZA, Urea, Anomia, Pepton.
- Unsur P : Penambahan pupuk fospat dari NPK, TSP.

b. Keasaman (pH)

Untuk fermentasi alkoholis, ragi memerlukan media suasana asam, yaitu antara pH 4,8– 5,0. Pengaturan pH dilakukan penambahan asam sulfat jika substratnya alkalis atau natrium bikarbonat jika substratnya asam.

c. Temperatur

Temperatur optimum untuk dan pengembangbiakan adalah 28 – 30⁰C pada waktu fermentasi, terjadi kenaikan panas, karena ekstrem. Untuk mencegah agar suhu fermentasi tidak naik, perlu pendinginan supaya suhu dipertahankan tetap 28-30⁰C.

d. Udara

Fermentasi alkohol berlangsung secara anaerobic (tanpa udara). Namun demikian, udara diperlukan pada proses pembibitan sebelum fermentasi, untuk pengembangbiakan ragi sel.

4. Distilasi

Distilasi adalah suatu metode operasi yang digunakan pada proses pemisahan suatu komponen dari campurannya berdasarkan titik didih masing-masing komponen dengan menggunakan panas sebagai tenaga pemisah.(Brown, 1987)

Pada proses distilasi konvensional (tanpa *molecular sieve*) umpan/feed molasses yang mengandung 10% massa etanol akan dihasilkan etanol sebesar 76% massa saja. Sedangkan dengan menggunakan *molecular sieve* akan didapatkan kadar kemurnian tertinggi 98% massa.(Andri, dkk, 2009)

5. Pasteurisasi

Proses pasteurisasi merupakan proses pemanasan dengan suhu yang relatif cukup rendah (di bawah 100°C) dengan tujuan untuk membunuh semua mikroba patogen (penyebab sakit). (Winarno, 1980)

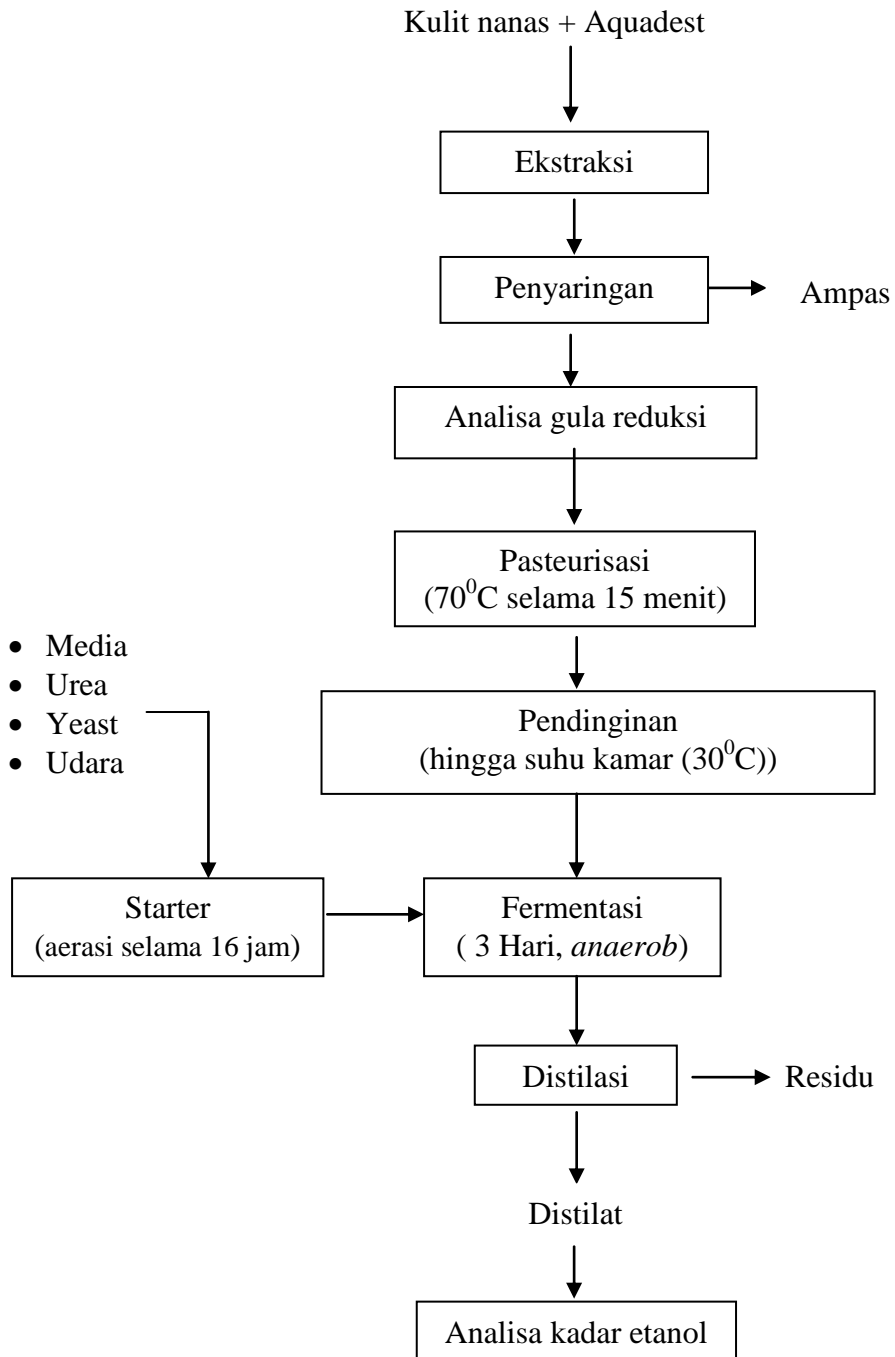
6. Penelitian terkait

Pembuatan bioetanol dari buah pepaya.

Buah pepaya yang sudah tidak layak jual bisa dimanfaatkan untuk bahan baku bioetanol. Buah-buahan yang sudah tidak layak jual atau hampir busuk ini masih mengandung kadar gula yang cukup tinggi. Sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi.

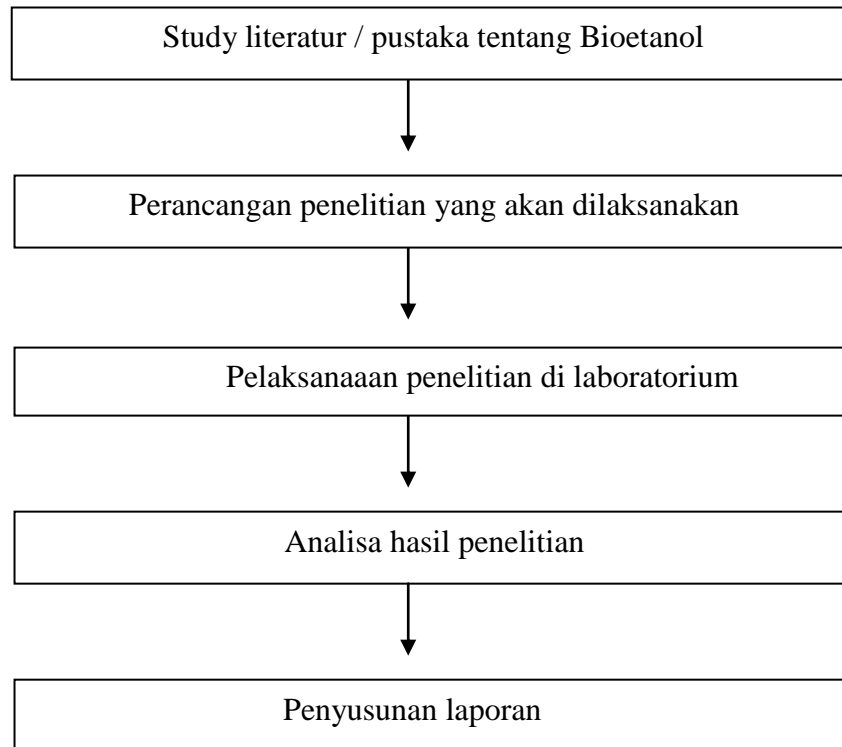
Tahapan pembuatan bioetanol ini meliputi : proses ekstraksi buah pepaya dengan menghancurkannya menggunakan mesin parutan dengan penambahan air 1:1. Setelah itu, suhu 70-75⁰C selama kurang lebih 30 menit didinginkan hingga suhu kamar (30⁰C). Nutrient urea yang dibutuhkan untuk pembuatan bioetanol dari buah pepaya ini sebesar 4% dari kadar gula volume medium. Sedangkan ragi roti yang digunakan sebesar 2% dari kadar gula volume medium. Proses fermentasi berlangsung secara *anaerob* selama 3 hari dengan pH medium 4-5. (Nurdyastuti, 2002).

B. Kerangka Pemikiran



Gambar. II. 1. Kerangka pemikiran pembuatan bioetanol dari sari kulit nanas

C. Pelaksanaan Penelitian



Gambar. II. 2. Pelaksanaan penelitian pembuatan bioetanol dari sari kulit nanas

BAB III

METODOLOGI

A. Alat dan Bahan yang digunakan

Alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan bioetanol ini adalah :

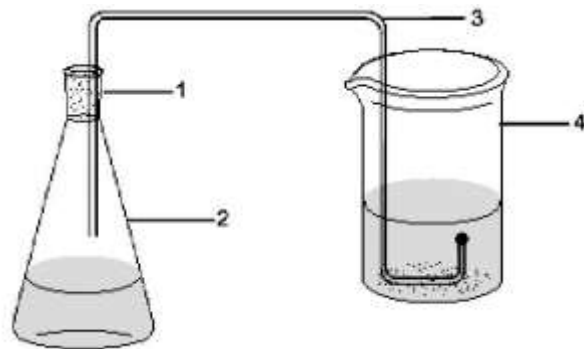
1. Alat-alat yang digunakan

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| – Pemanas mantel 1000 ml | – Gelas beaker 1000 ml |
| – Labu leher tiga 1000 ml | – Corong kaca |
| – Thermometer | – Kertas saring |
| – Pendingin balik | – Botol semprot 1000 ml |
| – Erlenmeyer 250 ml | – Pipet tetes |
| – Pipet volume 25 ml | – Gelas arloji |
| – Labu takar 250 ml | – Pengaduk kaca |
| – Gelas ukur 100 ml | |

2. Bahan- bahan yang digunakan

- a. Kulit Nanas
- b. Yeast / Ragi
- c. Indikator *Methylen Blue*
- d. pH meter
- e. Fehling A
- f. Fehling B
- g. Aquadest

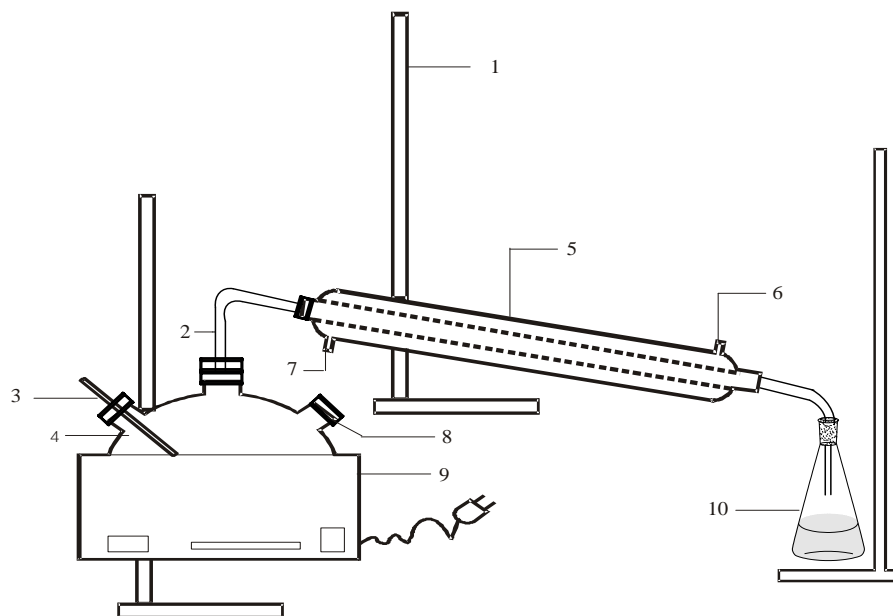
B. Gambar Rangkaian Alat



Keterangan gambar:

1. Sumbat Karet
2. Erlenmeyer
3. Selang CO₂
4. Gelas beaker berisi air

Gambar III.1 Rangkaian Alat Fermentasi



Keterangan gambar:

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1. Statif | 6. Air pendingin keluar |
| 2. Adaptor | 7. Air pendingin masuk |
| 3. Termometer | 8. Sumbat karet |
| 4. Labu leher tiga | 9. Pemanas mantel |
| 5. Pendingin balik | 10. Erlenmeyer |

Gambar III.2 Rangkaian Alat Distilasi

C. Cara Kerja

1. Ekstraksi kulit nanas

- a. Mencuci kulit nanas hingga bersih
- b. Menyiapkan ukuran perbandingan kulit nanas dan aquadest dengan perbandingan kulit nanas:aquadest = 1 : 2, kemudian menghancurkannya menggunakan juicer/blender hingga halus.
- c. Memisahkan filtrat dari ampas kulit nanas hingga tidak ada ampas yang terbawa dalam filtrat

2. Analisa kadar glukosa dengan Metode *Lane-Eynon*

- a. Standarisasi larutan fehling
 - 1) Merangkai alat titrasi.
 - 2) Melarutkan 1,25 gram glukosa standart dengan 500 ml aquadest dalam labu takar 500 ml.
 - 3) Memasukkan larutan tersebut ke dalam buret 50 ml.
 - 4) Mengambil 5 ml Fehling A dan 5 ml Fehling B, dan menambahkan 15 ml larutan glukosa standart ke dalam erlenmeyer
 - 5) Memanaskan larutan pada erlenmeyer sampai mendidih dan tetap mendidihkannya selama 2 menit
 - 6) Menambahkan 1 ml indikator *Methylen Blue* kemudian mentitrasi dengan larutan glukosa standart hingga terbentuk endapan merah bata.
 - 7) Mencatat volume larutan glukosa standart yang dibutuhkan untuk titrasi.
 - 8) Mengulangi percobaan sebanyak 3 kali.
- b. Menentukan Faktor koreksi

- 1) Menghitung kadar larutan gula invert standar :

$$\text{Kadar gula standar} = \frac{\text{berat glukosa standart}}{\text{volume aquadest}}$$

2) Menghitung kebutuhan rata-rata volume larutan glukosa standart yang dibutuhkan untuk titrasi standarisasi larutan fehling (A).

3) Menghitung total gula invert (perhitungan) yang di butuhkan untuk mereduksi 5 ml fehling A dan 5 ml fehling B

Total gula invert (perhitungan) = A x Kadar gula standar

4) Mencari total gula invert (tabel) yang di butuhkan untuk mereduksi 5 ml fehling A dan 5 ml fehling B dari tabel Lane-Eyon

$$\text{Faktor koreksi} = \frac{\text{Total gula invert (perhitungan)}}{\text{Total gula invert (tabel)}}$$

c. Penentuan gula reduksi dalam sampel

* Mengambil 10 ml larutan sampel kemudian mengencerkannya dengan aquadest ke dalam labu takar 250 ml.

* Mengisi buret dengan larutan sampel.

* Mengambil 5 ml Fehling A dan 5 ml Fehling B, dan menambahkan 15 ml larutan sampel ke dalam erlenmeyer.

* Memanaskan larutan pada erlenmeyer sampai mendidih dan tetap mendidihkannya selama 2 menit

* Menambahkan 1 ml indikator *Methylen Blue* kemudian mentitrasi dengan larutan sampel hingga terbentuk endapan merah bata.

* Mencatat volume larutan sampel yang dibutuhkan untuk titrasi.

* Mengulangi percobaan sebanyak 3 kali dan menghitung volume rata-rata titrasi tersebut.

$$\text{Kadar glukosa} : G \times \frac{100}{T} \times \text{Faktor koreksi}$$

dengan,

G = Total gula yang dibutuhkan untuk mereduksi larutan fehling dicari dalam Tabel Lane-Eynon (Tabel 4).

T = Volume titrasi larutan sampel

3. Fermentasi

a. Pasteurisasi

- 1) Memanaskan larutan sari kulit nanas pada suhu 70°C selama 15 menit.
- 2) Mendinginkan larutan hingga suhu kamar (30°C)

b. Pembuatan starter

- 1) Mengambil 10% volume medium sari kulit nanas dan memasukkan ke dalam erlenmeyer.
- 2) Mengecek pH larutan starter, jika pH larutan belum berkisar antara 4-5 maka menambahkan HCl atau NaOH sehingga pH larutan 4-5
- 3) Menambahkan yeast dan urea dengan ke dalam starter
- 4) Mengaerasi larutan starter selama 16 jam dengan menggunakan aerator.

c. Proses fermentasi

- 1) Mengambil larutan medium (sisa pembuatan starter).
- 2) Mengecek pH larutan medium, jika pH larutan belum berkisar antara 4-5 maka menambahkan HCl atau NaOH sehingga pH larutan 4-5.
- 3) Mencampur larutan medium dengan starter ke dalam fermentor.
- 4) Menutup fermentor rapat-rapat kemudian menghubungkan tutup fermentor dengan selang plastik yang dimasukkan ke dalam air.

4. Distilasi

1. Merangkai alat distilasi.
 2. Memasukkan larutan hasil fermentasi ke dalam labu leher tiga dan menghidupkan pemanas mantel.
 3. Memanaskan larutan hasil fermentasi pada suhu $90-95^{\circ}\text{C}$ selama kurang lebih 3 jam hingga destilat tidak menetes lagi.
-

4. Proses destilasi dihentikan bila destilat tidak menetes lagi.
5. Mengukur volume destilat yang dihasilkan.
5. Menentukan kadar etanol dengan piknometer pada suhu 25⁰C
 - * Menimbang piknometer kosong, dalam keadaan bersih dan kering (a)
 - * Mengisi piknometer dengan aquadest yang telah diketahui berat jenisnya (ρ). (Tabel Perry 2-28)
 - * Menimbang piknometer yang telah diisi aquadest (b).
 - * Menghitung volume piknometer sebenarnya

$$V_{\text{piknometer}} = \frac{(b - a) \text{ gram}}{\rho_{\text{aquadest}}}$$

- * Menimbang berat piknometer yang telah diisi destilat (c).
- * Menghitung berat jenis larutan

$$\rho_{\text{destilat}} = \frac{(c - a) \text{ gram}}{V_{\text{piknometer}}}$$

- * Menghitung kadar etanol dalam destilat yang dihasilkan (Tabel Perry 2-112).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kulit nanas berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena ketersediaan dan kandungan gulanya. Berdasarkan penelitian pendahuluan menunjukkan hanya 76,36% dari berat nanas segar dapat dimanfaatkan/dikonsumsi, sedangkan sisanya dibuang sebagai limbah. Adapun kandungan gula reduksi pada filtrat kulit nanas, menurut penelitian Hasnely,dkk (1997) sebesar 11,40%. Dalam percobaan pendahuluan diperoleh kandungan gula reduksi berkisar antara 8,7 % sampai 17,53%. Kandungan gula yang berbeda-beda ini kemungkinan disebabkan oleh :

1. Varietas/ jenis nanas

Terdapat empat varietas nanas yaitu : Cayene (daun halus, tidak berduri, buah besar), Queen (daun pendek berduri tajam, buah lonjong mirip kerucut), Spanyol/Spanish (daun panjang kecil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar) dan Abacaxi (daun panjang berduri kasar, buah silindris atau seperti piramida). Varietas nanas yang banyak ditanam di Indonesia adalah golongan Cayene dan Queen. Perbedaan varietas tersebut sangat berpengaruh terhadap rasa serta kandungan zat-zat dalam nanas.

2. Daerah Nanas berasal

Perbedaan lokasi tanam nanas seperti : kelembapan udara, tanah serta kandungan mineralnya akan berpengaruh terhadap kandungan zat-zat dalam nanas. Penelitian yang dilakukan Hasnely,dkk (1997) mengambil sampel nanas dari daerah Bandung, sedangkan penelitian ini mengambil dari wilayah Surakarta.

3. Tingkat kematangan buah Nanas yang beredar di pasar.

Kematangan buah ditandai dengan warna kuning pada kulit. Hal ini berarti kandungan gula pada nanas tersebut juga banyak. Sedangkan warna

kulit yang hijau menandakan nanas belum sepenuhnya matang sehingga kandungan gulanya yang diperoleh sedikit.

Penelitian pembuatan bioetanol dari sari kulit nanas ini dilakukan dengan memperhatikan waktu fermentasi dan jumlah Yeast/ragi sebagai parameter/variabel yang diteliti untuk merumuskan kondisi yang optimum.

A. Variasi Waktu Fermentasi

Hasil yang didapat untuk variasi waktu fermentasi dengan berat Kulit nanas 400 gram, Urea 4 gram dan Yeast 8 gram adalah sebagai berikut :

Tabel IV.1. Hasil percobaan pada variasi waktu fermentasi

Glukosa Awal (gram)	Volume Fermentasi (ml)	Waktu Fermentasi (hari)	Volume Destilat (ml)	Kadar Etanol % (b/b)	Berat Etanol (gram)	Yield (%)	Konversi Glukosa (%)
136,734	780	1	60	7,07	4,17	1,04	5,92
152,863	875	2	125	5,20	6,42	1,61	9,46
133,228	760	3	250	15,45	37,57	9,39	52,56
141,993	810	4	160	8,86	13,92	3,48	19,23
138,487	790	5	240	9,91	23,32	5,83	33,12

Dari tabel di atas terlihat bahwa waktu optimum untuk fermentasi sari kulit nanas yeast *Sacharomyces cerevisiae* adalah 3 hari dan diperoleh kadar etanol 15,45 % (b/b) dengan yield 9,39 % dan konversi glukosa 52,56 %

B. Variasi Berat Yeast

Untuk mempelajari pengaruh Yeast yang digunakan, dipilih waktu fermentasi 3 hari, berat kulit nanas 400 gram dan berat Urea 4 gram. Hasil yang diperoleh diberikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel IV.2. Hasil percobaan pada variasi berat yeast

Glukosa Awal (gram)	Berat Yeast (gr)	Volume Fermentasi (ml)	Volume Destilat (ml)	Kadar Etanol % (b/b)	Berat Etanol (gram)	Yield (%)	Konversi Glukosa (%)
133,228	0,5	760	50	34,03	16,05	4,01	23,65
136,734	2	780	108	23,23	24,12	6,03	34,21
140,240	6	800	30	73,95	18,94	4,74	26,28
133,228	8	760	250	15,45	37,57	9,39	52,56
136,734	10	780	250	14,75	35,91	9,40	51,32
141,993	12	810	240	8,73	20,58	8,73	28,48

Dari tabel di atas dapat dilihat kadar etanol tertinggi diperoleh pada pemakaian Yeast sebesar 6 gram menghasilkan etanol dengan kadar 73,95 % (b/b). Akan tetapi, konversi dan yield yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan fermentasi menggunakan 8 gram Yeast. Oleh karena itu, perbandingan yeast ekonomis untuk fermentasi kulit nanas adalah yeast: kulit nanas=1:50 dan menghasilkan etanol dengan kadar 15,45 % (b/b), yield 9,39 % dan konversi glukosa sebesar 52,56%

C. Kondisi Optimum untuk Investigasi Pemurnian Hasil Fermentasi .

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap pengaruh waktu fermentasi dan jumlah yeast yang digunakan, dirumuskan bahwa kondisi optimum untuk pembuatan bioetanol dari sari kulit nanas adalah sebagai berikut : waktu fermentasi 3 hari, perbandingan jumlah berat yeast : kulit nanas = 1:50, berat urea: kulit nanas = 1:100 dan berat aquadest : kulit nanas sebesar = 2:1.

Kondisi optimum diatas di aplikasikan untuk skala lebih besar. Kulit nanas yang digunakan sebagai bahan baku sebanyak 2 Kg dengan nutrisi Urea 20 gram, Yeast 40 gram dan waktu fermentasi 3 hari. Percobaan tersebut memberikan hasil sebagai berikut :

1. Glukosa awal = 376,71 gram
2. Volume fermentasi = 4330 ml
3. Volume destilat = 1125 ml
4. Kadar etanol = 7,49 % (b/b)
5. Yield = 4,25 %
6. Konversi = 44,02 %

Sedangkan pada tahap pemurnian diperoleh sebagai berikut :

Tabel IV.3. Hasil Pemurnian destilat hasil fermentasi

Destilasi	Feed		Destilat		Peningkatan Kadar Etanol	Suhu Destilasi (°C)
	volume	% (b/b) etanol	volume	% (b/b) etanol		
I	4330 ml		1125 ml	7,49 %		90 - 95
II	1125 ml	7,49%	425 ml	18%	10,51 %	85 - 90
III	425 ml	18 %	125 ml	54,62%	36,62 %	80 - 85

Pada pemurnian destilat hasil fermentasi menggunakan cara destilasi konvensional, diperoleh peningkatan kadar etanol dari 7,49 % massa menjadi 18% massa dan dari 18,67% massa menjadi 54,62% massa. Kadar etanol hasil destilasi terakhir lebih kecil dibandingkan destilasi konvensional yang dilakukan oleh Andri, dkk (2009) dimana menghasilkan 76% massa dari umpan/*feed* yang mengandung 10% massa etanol. Namun, bila dilihat dari presentase (%) peningkatan kadar etanol penelitian ini sedikit lebih baik yaitu dari 7,49 % massa (awal) menjadi 54,62% massa (akhir) dengan 3 tahap destilasi, dimana pada penelitian Andri, dkk tidak disebutkan jumlah tingkat destilasinya.

Perhitungan analisa ekonomi yang telah dilakukan diambil kondisi paling buruk yaitu bila menjual etanol dengan kemurnian 15,45 %, dari hasil destilasi I menggunakan metode destilasi konvensional adalah dengan harga Rp.12.900,00/liter. Jika memproduksi 100 liter/hari maka diperoleh keuntungan bersih sebesar Rp. 418.900,00 dengan persen keuntungan terhadap modal sebesar 32,47% (belum memperhatikan biaya peralatan).

Dari keseluruhan percobaan yang telah dilakukan, beberapa hal yang masih harus dilakukan dan dapat diteliti lebih lanjut yaitu:

1. Kondisi *anaerob* selama proses fermentasi.

Ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) akan tumbuh baik pada keadaan *aerob*, akan tetapi fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat pada keadaan *anaerob*. (Winarno, 1980). Perancangan kondisi ini belum maksimal dilakukan sehingga proses yang terjadi tak sepenuhnya *anaerob*. (tidak dilakukan pemvakuman untuk menghilangkan udara dalam fermentor)

2. Kontrol temperatur fermentasi

Selama proses fermentasi dihasilkan panas dan mengakibatkan kenaikan suhu fermentasi dalam medium (di atas suhu kamar $\pm 30^{\circ}\text{C}$). Suhu optimum untuk dan fermentasi adalah $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$. (Harahap, 2003). Hal ini mengakibatkan fermentasi tidak maksimal.

3. Kontrol temperatur destilasi

Pada percobaan ini temperatur destilasi diambil 90–95⁰C dengan mempertimbangkan kecepatan destilat yang dihasilkan dan kondisin *azeotrop* dalam sistem. Kadar etanol etanol yang tinggi dalam destilat dapat diperoleh dengan proses destilasi bertingkat disertai control temperatur yang baik. Proses destilasi dihentikan ketika destilat tidak menetes lagi dan temperature kolom destilasi meningkat.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Pembuatan bioetanol dari kulit singkong dilakukan melalui 3 tahap :

1. Tahap ekstraksi.
2. Tahap fermentasi.
3. Tahap distilasi.

Dari percobaan, seberat 400 gr kulit nanas menghasilkan etanol dengan kadar 15,45 % (berat), diperoleh yield sebesar 9,39 %, dan berat etanol sebesar 37,57 gram.

B. SARAN

1. Kontrol kondisi fermentasi agar berlangsung secara *anaerob*.
2. Penjagaan suhu yang sesuai dengan proses fermentasi yaitu pada suhu kamar ($\pm 30^{\circ}\text{C}$).
3. Proses destilasi dilakukan secara bertingkat dengan kontrol temperatur yang baik, agar di dapatkan kemurnian etanol yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andri. H., Sitinjak. R, Wira. H, Wibawa. G, dan Ali, 2009. **Distilasi Terpadu Untuk Memisahkan campuran Azeotrope Sistem Etanol+Air**. Prosiding SNTKI. Bandung.
- Armansyah. T.H, Hambali. E, Mujdalipah. S, Patriwi. W.A, dan Hendroko. R, 2007. **Teknologi Bioenergi**. PT Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Brown, G.G, 1987. **Unit Operations**. John Wiley. New York.
- Dwijdoseputro, 1984. **Dasar-dasar Mikrobiologi**. Djambatan. Malang.
- ESDM-32. PERMEN., 2008. **Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (*biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain**. Jakarta.
- Fessenden and Fessenden, 1982. **Kimia Organik**. PT Erlangga. Jakarta.
- Harahap. H, 2003. **Karya Ilmiah Produksi Alkohol**. Program Studi Teknik Kimia Fkultas Teknik. Universitas Sumatra Utara.
- Hasnelly, Sumartini, dan Dewi, 1997. **Pengaruh Penambahan Konsentrasi *Sacharomyces Cerevisiae* dan Amonium Phosphat pada Pembuatan Nata Kulit Nanas**. Prosiding SNTKI. Bandung.
- Nurdyastuti. I, 2002. **Pembuatan Bioetanol dari Buah Pepaya**. Program Studi Teknik Kimia Fkultas Teknik. Universitas Sumatra Utara.
- Perry. R.H, 1984. **Perry Chemical Engineering Hands Book**. Mc Graw Hill. Singapore.
- Riawan. S, 1989. **Kimia Organik**. Bina Rupa Aksara. Jakarta.
- Wardhani. D.A, Prasasti. D, 2007. **Pengaruh Yeast Terhadap Pembuatan Etanol dari Buah Nangka Sortiran**. Program Studi Teknik Kimia Fkultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Winarno. F.G, 1980. **Pengantar Teknologi Pangan** . Gramedia. Jakarta.
- www.agribisnis.deptan.go.id
- www.bioindustri.blogspot.com
- www.id.wikipedia.org

Lampiran

Lampiran 1

DATA PERCOBAAN

A. Perbandingan kulit nanas : buah nanas

1. Berat buah nanas : 650 gram
2. Berat kulit buah nanas : 225 gram

B. Analisa kadar glukosa pada kulit nanas segar, diambil dari 5 waktu yang berbeda dan masing-masing dilakukan uji kadar glukosa sebanyak 3kali.

1. Standarisasi larutan glukosa standar
 - a. Massa glukosa standart yang di gunakan : 1, 25 gram
 - b. Volume aquadest : 500 ml
 - c. Hasil titrasi dengan penambahan 5 ml fehling A + 5ml fehling B

Tabel. 1. Titrasi larutan glukosa standart

No.	15 ml larutan glukosa standart + 5 ml Fehling A + 5 ml Fehling B	Volume Titrasi
1.	25 ml	15,8 ml
2.	25 ml	15,8 ml
3.	25 ml	16 ml
Rata – rata		15, 87 ml

2. Penentuan kadar glukosa

Kadar glukosa pada kulit nanas segar, di analisa dari 5 waktu yang berbeda

- 1) Massa kulit nanas : 400 gram
- 2) Masssa aquadest untuk penghancuran sari kulit nanas : 800 gram
- 3) Untuk volume filtrat yang dihasilkan dari penghancuran kulit nanas dengan aquadest dan volume rata-rata titrasi sampel dengan penambahan 5ml fehling A+5ml fehling B adalah berikut:

Tabel. 2. Volume filtrat dan volume titrasi sampel rata-rata

No.	Keterangan (volume filtrat)	Volume titrasi sampel rata-rata
1.	Percobaan I (750 ml)	26 ml
2.	Percobaan II (730 ml)	21,1 ml
3.	Percobaan III (710 ml)	22 ml
4.	Percobaan IV (810 ml)	22,73 ml
5.	Percobaan V (780 ml)	20,97 ml

C. Percobaan variasi waktu fermentasi**Tabel. 3. Data pada variasi waktu fermentasi**

No	Keterangan	Waktu (Hari)				
		1	2	3	4	5
1.	Berat kulit nanas (gr)	400	400	400	400	400
2.	Berat aquadest (gr)	800	800	800	800	800
3.	Berat yeast (gr)	8	8	8	8	8
4.	Berat urea (gr)	4	4	4	4	4
5.	Volume fermentasi (ml)	780	875	760	810	790
6.	Berat pikno kosong (gr)	22,81	22,81	15,3 ₁	15,31	15,31
7.	Berat pikno + Aquadest (gr)	47,70	47,70	40,7 ₃	40,73	40,73
8.	Berat pikno+destilat (ml)	47,37	47,47	40,1 ₁	40,35	40,31
9.	Volume destilat (ml)	60	125	250	160	240

D. Percobaan variasi berat yeast

Tabel. 4. Data pada variasi berat yeast

No	Keterangan	Yeast (gram)					
		0,5	2	6	8	10	12
1.	Berat kulit nanas (gr)	400	400	400	400	400	400
2.	Berat aquadest (gr)	800	800	800	800	800	800
3.	Berat urea	4	4	4	4	4	4
4.	Waktu Fermentasi (hari)	3	3	3	3	3	3
5.	Volume fermentasi (ml)	760	780	800	760	780	810
6.	Berat pikno Kosong (gr)	15,31	15,31	15,31	15,31	20,13	20,13
7.	Berat pikno + Aquadest (gr)	40,73	40,73	40,73	40,73	45,32	45,32
8.	Berat pikno+destilat (ml)	39,36	39,82	37,08	40,11	44,73	44,95
9.	Volume destilat (ml)	50	108	30	250	250	240

E. Kondisi optimum untuk investigasi pemurnian hasil fermentasi**Tabel. 5. Data percobaan 2kg kulit nanas**

No	Nama	Keterangan
1.	Volume titrasi rata-rata	47 ml
1.	Berat kulit nanas	2000 gram
2.	Berat aquadest	4000 gram
3.	Berat yeast	40 gram
3.	Berat urea	20 gram
4.	Waktu fermentasi	3 hari
5.	Volume fermentasi	4330 ml
6.	Berat pikno kosong	23,92 gram
7.	Berat pikno + Aquadest	49,02 gram
8.	Berat pikno+destilat	48,70 gram
9.	Volume destilat	1125 ml

Tabel. 6. Pemurnian destilat I

No	Nama	Keterangan
1.	Berat pikno kosong	23,92 gram
2.	Berat pikno + Aquadest	49,02 gram
3.	Berat pikno+destilat	48,33 gram
4.	Volume destilat	425 ml

Tabel. 7. Pemurnian destilat II

No	Nama	Keterangan
1.	Berat pikno kosong	20,88 gram
2.	Berat pikno + Aquadest	44,05 gram
3.	Berat pikno+destilat	41,78 gram
4.	Volume destilat	125 ml

Lampiran 2

PERHITUNGAN

F. Presentase perbandingan kulit nanas : buah nanas

$$\begin{aligned}\text{Presentase} &= \frac{225 \text{ gram kulit nanas}}{650 \text{ gram buah nanas}} \times 100\% \\ &= 34,62 \%\end{aligned}$$

G. Analisa kadar glukosa pada kulit nanas segar.

1. Menentukan faktor koreksi

- Kadar larutan gula invert standar : $\frac{\text{berat glukosa standart}}{\text{volume aquadest}}$
: $\frac{1250 \text{ mg}}{500 \text{ ml}}$
: 2,5 mg/ml
- Kebutuhan rata-rata titrasi : 15,87 ml
- Total gula invert yang di butuhkan untuk mereduksi 5 ml Fehling A dan 5 ml fehling B : 15,87 ml X 2,5 mg/ml
: 39,68 mg
- Dari table lane- eyon untuk 15,87 ml, larutan gula invert yang dibutuhkan ntuk mereduksi 5 ml Fehling A dan 5 ml fehling B adalah :

$$x = 15,87 \quad y = \dots$$

$$x_1 = 15 \quad y_1 = 50,5$$

$$x_2 = 16 \quad y_2 = 50,6$$

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{15,87 - 15}{16 - 15} = \frac{y - 50,5}{50,6 - 50,5}$$

$$0,087 = y - 50,5$$

$$Y = 50,587$$

- Sehingga faktor koreksi $= \frac{39,68 \text{ mg}}{50,587 \text{ mg}} = 0,78$

2. Contoh perhitungan kadar glukosa

- Volume titrasi rata-rata (T) : 22,73 ml
- Gula invert (G) pada tabel Lane-Eyon :

$$\begin{array}{lcl}
 x = 22,73 & y = \dots & \\
 x_1 = 22 & y_1 = 51,0 & \\
 x_2 = 23 & y_2 = 51,1 & \\
 \frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \longrightarrow \frac{22,73-22}{23-22} = \frac{y-51,0}{51,1-51,0} & & \\
 0,73 \times 0,1 = y - 51,0 & & \\
 0,073 = y - 51,0 & & \\
 Y = 50,927 & &
 \end{array}$$

- Kadar glukosa : $G \times \frac{100}{T} \times \text{Faktor koreksi}$
 $: 50,927 \text{ mg} \times \frac{100}{22,73 \text{ ml}} \times 0,78$
 $: 174,76 \text{ mg/ml} = 0,17476 \text{ gr/ml}$

- Glukosa dalam 810 ml sari kulit nanas
 $: 0,17476 \text{ gr/ml} \times 810 \text{ ml}$
 $: 141,556 \text{ gram}$

- Persentase kadar glukosa (b/v) pada filtrate kulit nanas :
 $: \frac{141,556 \text{ gram}}{810 \text{ ml}} \times 100\%$
 $: 17,48 \%$

3. Analog dari perhitungan glukosa di atas, didapatkan hasil perhitungan untuk 400 gr kulit nanas yang diambil dari 5 waktu yang berbeda dan masing-masing dilakukan uji kadar glukosa sebanyak 5 kali adalah sebagai berikut :

Tabel. 1. Kadar glukosa rata-rata

No.	Keterangan (volume filtrat)	% Kadar Glukosa (b/v)
1.	Percobaan I (750 ml)	15,39
2.	Percobaan II (730 ml)	18,94
3.	Percobaan III (710 ml)	18,08
4.	Percobaan IV (810 ml)	17,48
5.	Percobaan V (780 ml)	17,75
Rata-rata		17,53

H. Menghitung kadar etanol yang dihasilkan, yield/rendemen dan konversi

1. Fermentasi 1 hari, 8 gram yeast, 400 gram kulit nanas.

- a. Menghitung berat glukosa mula-mula :

$$\begin{aligned}\text{Berat glukosa} &= 0,1753 \text{ gr/ml} \times 780 \text{ ml} \\ &= 136,734 \text{ gram}\end{aligned}$$

- b. Menghitung volume piknometer :

$$\begin{aligned}\text{Berat pikno kosong} &= 22,81 \text{ gram} \\ \text{Berat pikno + aquadest} &= 47,70 \text{ gram} \\ \rho \text{ aquadest (25}^0\text{C)} &= 0,997045 \text{ gr/ml (Tabel Perry 2-28)}\end{aligned}$$

$$\text{Volume piknometer} = \frac{(47,70 - 22,81) \text{ gram}}{0,997045 \text{ gr/ml}}$$

$$= 24,96377 \text{ ml}$$

- c. Menghitung densitas destilat :

$$\text{Berat pikno + destilat} = 47,37 \text{ gram}$$

$$\text{Densitas destilat} = \frac{(47,37 - 22,81) \text{ gram}}{24,96377 \text{ ml}} = 0,98383 \text{ gr/ml}$$

- d. Menghitung massa destilat :

$$\begin{aligned}&= 0,98383 \text{ gr/ml} \times 60 \text{ ml} \\ &= 59,03 \text{ gram}\end{aligned}$$

- e. Menghitung kadar etanol dalam destilat :

Diketahui :

$$x = 0,98383 \quad y = \dots$$

$$x_1 = 0,98500 \quad y_1 = 7\%$$

$$x_2 = 0,98346 \quad y_2 = 8\% \text{ (data diambil dari tabel perry 2-112)}$$

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{0,98383 - 0,985}{0,98346 - 0,985} = \frac{y - 7}{8 - 7}$$

$$\frac{-0,00117}{-0,00154} = y - 7$$

$$0,07 = y - 7$$

$$Y = 7,07\% \text{ (berat)}$$

- f. Berat etanol dalam destilat = $0,0707 \times 59,03 \text{ gram}$

$$= 4,17 \text{ gr}$$

- g. Menghitung yield / rendemen yang diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{\text{berat etanol yang dihasilkan}}{\text{berat kulit nanas yang digunakan}} \times 100\% \\ &= \frac{4,17 \text{ gram}}{136,734 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 1,04\% \end{aligned}$$

- h. Menghitung konversi glukosa yang terjadi :

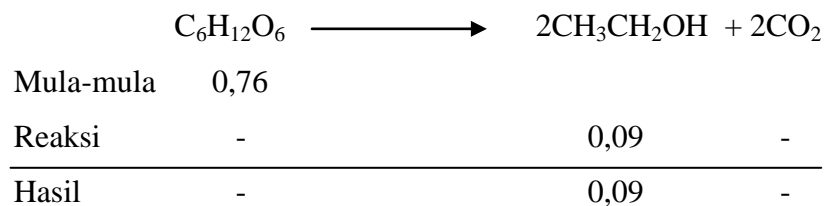
- Berat glukosa mula-mula = 136,734 gram

- Mol glukosa mula-mula = $\frac{136,734 \text{ gram}}{180 \text{ gr/mol}} = 0,76 \text{ mol}$

- Berat etanol = 4,17 gram

- Mol etanol = $\frac{4,17 \text{ gram}}{46,07 \text{ gr/mol}} = 0,09 \text{ mol}$

- Reaksinya



Mol glukosa bereaksi = $\frac{1}{2}$ x mol etanol yang terbentuk

$$= \frac{1}{2} \times 0,09$$

$$= 0,045 \text{ mol}$$

$$\text{Konversi glukosa} = \frac{\text{mol glukosa bereaksi}}{\text{mol glukosa mula-mula}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,045}{0,09} \times 100\%$$

$$= 5,92 \%$$

2. Analog dari contoh perhitungan di atas, didapatkan hasil untuk variasi waktu fermentasi dengan berat kulit nanas 400 gram, urea 4 gram dan yeast 8 gram adalah sebagai berikut :

Tabel. 2. Hasil untuk variasi waktu fermentasi

Glukosa Awal (gram)	Volume Fermentasi (ml)	Waktu Fermentasi (hari)	Volume Destilat (ml)	Kadar Etanol % (berat)	Berat Etanol (gram)	Yield (%)	Konversi Glukosa (%)
136,734	780	1	60	7,07	4,17	1,04	5,92
152,863	875	2	125	5,20	6,42	1,61	9,46
133,228	760	3	250	15,45	37,57	9,39	52,56
141,993	810	4	160	8,86	13,92	3,48	19,23
138,487	790	5	240	9,91	23,32	5,83	33,12

3. Analog dari contoh perhitungan di atas, didapatkan hasil untuk variasi berat yeast dengan waktu fermentasi 3 hari, urea 4 gram dan berat kulit nanas 400 gram adalah sebagai berikut :

Tabel. 3. Hasil untuk variasi berat yeast

Glukosa Awal (gram)	Berat Yeast (gr)	Volume Fermentasi (ml)	Volume Destilat (ml)	Kadar Etanol % (berat)	Berat Etanol (gram)	Yield (%)	Konversi Glukosa (%)
133,228	0,5	760	50	34,03	16,05	4,01	23,65
136,734	2	780	108	23,23	24,12	6,03	34,21
140,240	6	800	30	73,95	18,94	4,74	26,28
133,228	8	760	250	15,45	37,57	9,39	52,56
136,734	10	780	250	14,75	35,91	9,40	51,32
141,993	12	810	240	8,73	20,58	8,73	28,48

I. Percobaan 2 Kg kulit nanas

- Volume titrasi rata-rata (T) : 47 ml
- Gula invert (G) pada tabel Lane-Eyon : 52,4 mg
- Kadar glukosa : $G \times \frac{100}{T} \times \text{Faktor koreksi}$
 $: 52,4 \text{ mg} \times \frac{100}{47 \text{ ml}} \times 0,78$
 $: 0,0870 \text{ gr/ml} = 8,7 \%$
- Glukosa dalam 4330 ml sari kulit nanas
 $: 0,0870 \text{ gr/ml} \times 4330 \text{ ml} = 376,71 \text{ gram}$
- Menghitung volume piknometer :
 Berat pikno kosong = 23,92 gram
 Berat pikno + aquadest = 49,02 gram
 $\rho \text{ aquadest } (25^{\circ}\text{C}) = 0,997045 \text{ gr/ml}$

$$\text{Volume piknometer} = \frac{(49,02 - 23,92) \text{ gram}}{0,997045 \text{ gr/ml}} = 25,17439 \text{ ml}$$

6. Menghitung densitas destilat :

$$\text{Berat pikno + destilat} = 48,70 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas destilat} &= \frac{(48,70 - 23,92) \text{ gram}}{25,17439 \text{ ml}} \\ &= 0,98424 \text{ gr/ml} \end{aligned}$$

7. Menghitung massa destilat = $0,98424 \text{ gr/ml} \times 1125 \text{ ml}$

$$= 1107,27 \text{ gram}$$

8. Menghitung kadar etanol dalam destilat :

$$x = 0,98424 \quad y = \dots$$

$$x_1 = 0,98500 \quad y_1 = 7\%$$

$$x_2 = 0,98346 \quad y_2 = 8\%$$

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \longrightarrow \frac{0,98424 - 0,985}{0,98346 - 0,985} = \frac{y - 7}{8 - 7}$$

$$\frac{-0,00076}{-0,00154} = y - 7$$

$$0,49 = y - 7$$

$$Y = 7,49 \% \text{ (berat)}$$

9. Berat etanol dalam destilat = $0,0749 \times 1107,27 \text{ gram}$

$$= 84,935 \text{ gr}$$

10. Menghitung yield / rendemen yang diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Yield / Rendemen} &= \frac{84,935 \text{ gram}}{2000 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 4,25 \% \end{aligned}$$

11. Menghitung konversi yang terjadi :

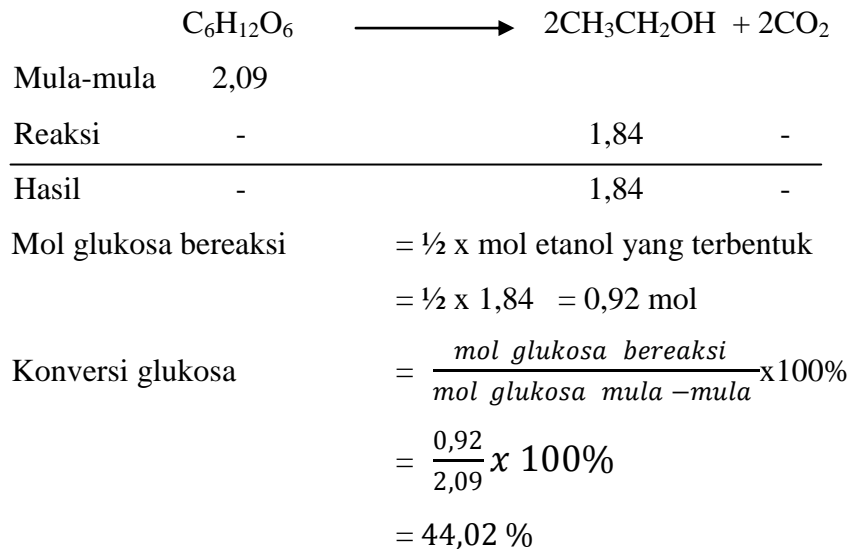
- Berat glukosa mula-mula = 376,71 gram

- Mol glukosa mula-mula = $\frac{376,71 \text{ gram}}{180 \text{ gr/mol}} = 2,09 \text{ mol}$

- Berat etanol = 84,935 gr

- Mol etanol = $\frac{84,935 \text{ gram}}{46,07 \text{ gr/mol}} = 1,84 \text{ mol}$

- Reaksinya



12. Pemurnian destilat I

a. Menghitung volume piknometer :

Berat pikno kosong = 23,92 gram
 Berat pikno + aquadest = 49,02 gram
 ρ aquadest (25°C) = 0,997045 gr/ml (Tabel Perry 2-28)
 Volume piknometer = $\frac{(49,02 - 23,92) \text{ gram}}{0,997045 \text{ gr / ml}} = 25,17439 \text{ ml}$

b. Menghitung densitas destilat :

Berat pikno + destilat = 48,33 gram
 Densitas destilat = $\frac{92 \text{ gram}}{25,17439 \text{ ml}} = 0,96923 \text{ gr/ml}$

c. Massa destilat = 0,96923 gr/ml x 425 ml = 411,92 gram

d. Untuk densitas 0,96923 gr/ml, kadar etanol di dapatkan pada tabel :

$$= 18 \% (\text{berat})$$

e. Berat etanol = 0,18 x 411,92 gram

$$= 74,15 \text{ gram}$$

f. Peningkatan kadar etanol = (kadar akhir – kadar awal)

$$= 18 \% (\text{berat}) - 7,49 \% (\text{berat})$$

$$= 10,51 \%$$

13. Pemurnian destilat II

Analog dari perhitungan diatas, diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. Volume piknometer = 23,23867 ml
- b. Densitas destilat = 0,89936 gr/ml
- c. Massa destilat = 112,42 gram
- d. Kadar etanol pada destilat = 54,62 % (berat)
- e. Berat etanol pada destilat = 61,40 gram
- f. Peningkatan kadar etanol = 36,62 %

Tabel. 4. Hasil distilasi bertingkat pada percobaan 2Kg kulit nanas

Distilasi	Feed		Destilat		Peningkatan Kadar Etanol
	volume	% (berat) etanol	volume	% (berat) etanol	
I	4330 ml		1125 ml	7,49 %	
II	1125 ml	7,49%	425 ml	18%	10,51 %
III	425 ml	18 %	125 ml	54,62%	36,62 %

Lampiran 3

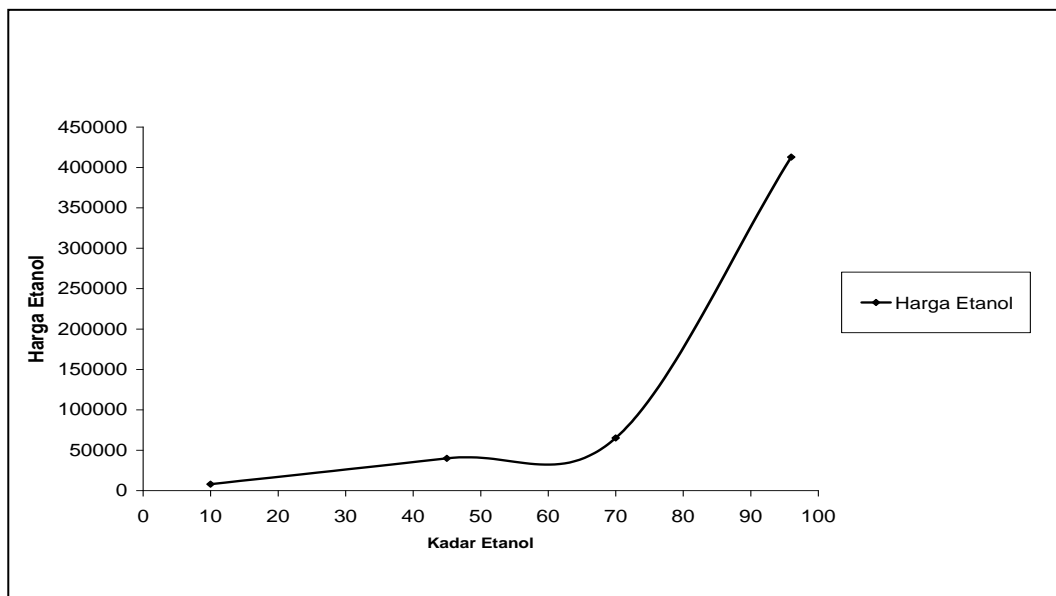
Analisis Ekonomi

A. Daftar harga etanol

Tabel. 1. Daftar harga perliter etanol tiap kadar

No	Kadar Etanol	Harga/liter	Sumber Data
1.	10 %	Rp 8.000,00	www.solopos.com
2.	45 %	Rp 40.000,00	www.kompas.com
3.	70 %	RP 65.000,00	Toko Asia
4.	96 %	Rp 412.800,00	CV Glass blower

Dari data diatas terlihat semakin murni etanol yang dihasilkan harganya emakin tinggi dengan peningkatan yang ekstrim pada kadar 70 % ke 96 %. Dalam perhitungan analisa ekonomi ini diambil kondisi paling buruk yaitu bila menjual etanol dengan kemurnian 15,45 %, Hasil distilasi I menggunakan metode distilasi konvensional



Gambar. 1. Grafik kadar etanol vs harga etanol

Dengan interpolasi data 1 dan 2 maka, didapatkan persamaan

$$Y = 914,29 X - 1142,9$$

Maka harga etanol untuk kadar 15,45 % adalah:

$$Y = 914,29 \times 15,45 - 1142,9$$

$$Y = 12.932 \text{ atau sebesar Rp } \mathbf{12.900}$$

B. Analisa Produksi

1. Data fermentasi

- Kadar glukosa rata-rata pada 400 gr kulit nanas segar = 17,53 % (b/v)
- Volume fermentasi = 760 ml
- Berat glukosa pada sari kulit nanas = $0,1753 \times 760 = 133,228$ gram
- Mol glukosa mula-mula = $\frac{133,228 \text{ gram}}{180 \text{ gr/mol}} = 0,74 \text{ mol}$

2. Data distilasi

- Volume etanol = 250 ml
- Kadar etanol = 15,45 % (berat)
- Berat jenis = 0,97273 gr/ml
- Berat etanol = 37,571 gram
- Mol etanol = $\frac{37,571 \text{ gram}}{46 \text{ gr/mol}} = 0,82 \text{ mol}$

- Reaksinya

	$C_6H_{12}O_6$	$2CH_3CH_2OH + 2CO_2$
Mula-mula	0,74	
Reaksi	-	0,82 -
Hasil	-	0,82 -

- Mol glukosa bereaksi = $\frac{1}{2} \times \text{mol etanol yang terbentuk}$
 $= \frac{1}{2} \times 0,82 = 0,41 \text{ mol}$
- Konversi glukosa = $\frac{\text{mol glukosa bereaksi}}{\text{mol glukosa mula-mula}} \times 100\%$
 $= \frac{0,41}{0,78} \times 100\% = 52,56 \%$

3. Jika ingin membuat 100 liter etanol dengan kadar 15,45 % (b/v)

- Volume larutan = 100000 ml
- Kadar etanol = 15,45 % (berat)
- Berat jenis = 0,97273 gr/ml
- Berat larutan = 97273 gram
- Berat etanol = 0,1545 x 97273 gram = 15028,68 gram
- Mol etanol = $\frac{15028,68 \text{ gram}}{46,07 \text{ gr/mol}}$
= 326,21 mol
- Reaksinya

	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	$2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{CO}_2$
Mula-mula	0,74	
Reaksi	-	326,21 -
Hasil	-	326,21 -

- Mol glukosa bereaksi = $\frac{1}{2}$ x mol etanol yang terbentuk
= $\frac{1}{2}$ x 326,21 = 163,105 mol
- Mol glukosa awal = $\frac{\text{mol glukosa bereaksi}}{\text{konversi glukosa}} \times 100\%$
= $\frac{163,105}{52,56} \times 100\% = 310,322 \text{ mol}$
- Massa glukosa awal = 310,322 mol x 180 gr/mol = 55857,96 gram

4. Berat kulit nanas yang diperlukan untuk memproduksi 10 liter etanol 15,45% (b/v) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Berat kulit nanas} &= \frac{\text{glukosa untuk etanol 10 lt}}{\text{glukosa etanol 250 ml}} \times 400 \text{ gram} \\ &= \frac{55857,96 \text{ gram}}{133,228 \text{ gram}} \times 400 \text{ gram} \\ &= 167706,368 \text{ gram} = 167,707 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. \text{ Kebutuhan ragi} &= \frac{8 \text{ gram yeast}}{400 \text{ gram kulit nanas}} \times 167,707 \text{ kg} \\ &= 3,35414 \text{ kg} = 3,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \text{ Kebutuhan urea} &= \frac{4 \text{ gram urea}}{400 \text{ gram kulit nanas}} \times 167,707 \text{ kg} \\ &= 1,67707 \text{ kg} = 1,68 \text{ kg} \\ 7. \text{ Kebutuhan air} &= \frac{800 \text{ gram air}}{400 \text{ gram kulit nanas}} \times 167,707 \text{ kg} \\ &= 335,414 \text{ kg} = 336 \text{ liter} \end{aligned}$$

C. Estimasi dana :

1. Pemasukan

- Harga etanol kadar 15,45% (b/v) = Rp. 12.900,00/lt
- Harga jual 100 lt etanol = Rp. 1.290.000,00

2. Pengeluaran

- Kulit nanas : 167,707 kg (Rp. 500,00/kg) = Rp. 83.900,00
 - Air : 336 liter (Rp. 600,00/lt) = Rp. 201.600,00
 - Ragi : 3,36 kg (Rp. 75.000,00/Kg) = Rp. 252.000,00
 - Urea : 1,68 kg (Rp. 20.000,00/Kg) = Rp. 33.600,00
 - Bahan bakar (gas) : 6 tabung (@Rp. 15.000) = Rp. 90.000,00
 - Upah buruh : 6 orang (@Rp. 35.000) = Rp. 210.000,00
- Rp. 871.100,00

3. Keuntungan yang diperoleh:

- Harga jual 100 lt etanol = Rp. 1.290.000,00
 - Biaya produksi = Rp. 871.100,00
- Rp. 418.900,00

$$\begin{aligned} \bullet \text{ \% keuntungan terhadap modal} &= \frac{418.900}{1.290.000} \times 100 \% \\ &= 32,47 \% \end{aligned}$$

Persen keuntungan terhadap modal adalah sebesar 32,47% (belum memperhatikan biaya peralatan)



Kulit nanas segar



Blender yang di gunakan untuk membuat sari kulit nanas



Ampas kulit yang telah dipisahkan kemudian dibuang



Proses titrasi analisa kadar glukosa pada sari kulit nanas segar



Proses pateurisasi sari kulit nanas pada suhu 70⁰c



Proses pembuatan starter (aerasi)



Proses fermentasi



Proses distilasi



Produk etanol